



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer de  
agua potable - caserío Pampa La Culebra - Cajamarca”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

Mantilla Cerquin, Humberto (ORCID: 0000-0002-0985-7946)

**ASESORES:**

Mg. Reyes Tassara, Pedro Demetrio (ORCID: 0000-0002-0395-7065)

Dr. Aníbal Jesús, Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Generación, transmisión y distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

## Dedicatoria

*A Dios, por ser mí ser supremo.*

*A mí madre y a mi padre por su comprensión apoyo, mi hija Guadalupe por su amor y paciencia.*

***Asimismo, a mis hermanos, familiares y amigos que se involucraron en esta senda y me brindaron incondicionalmente su esfuerzo para cumplir con mi meta.***

**El Autor**

## **Agradecimiento**

***A la Universidad Cesar Vallejo Filial Chiclayo.***

*Por haber aceptado ser parte de ella y Abierto las puertas de su seno científico  
Para poder estudiar mi carrera. Un agradecimiento especial a las personas que  
me han proporcionado toda la información Necesaria para elaborar este trabajo.*

**Humberto, Mantilla Cerquin.**

## Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenidos .....	iv
Índice de tabla.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1 Diseño de investigación .....	23
3.2 Operacionalización de Variables .....	24
3.3 . Población y muestra.....	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad.....	26
3.5 Métodos de análisis de datos .....	27
IV. RESULTADOS.....	28
4.1 Diagnosticar la demanda hídrica y niveles de radiación solar en el caserío Pampa la Culebra.....	28

## Índice de tablas

Tabla 3.- Operacionalización de las variables. Fuente: Propia .....	25
Tabla 4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Fuente: Propia ....	26
Tabla 5.- Coordenadas del pozo subterráneo. Fuente: Propia. ....	28
Tabla 6.- Consumo diario de agua de cada domicilio. Fuente: Propia. ....	28
Tabla 7.- Coordenadas de las casas de la localidad pampa de la culebra. Fuente: Propia. ....	29
Tabla 8.- Cantidad de baldes equivalentes a litros que consumen cada casa de la localidad. Fuente: Propia. ....	30
Tabla 9.- Radiación Solar. Fuente: Página Web NAMA. ....	31
Tabla 10.- Requerimiento Total. Fuente: Propia. ....	32
Tabla 11.- Horas Solar Pico para la Investigación. Fuente: Propia. ....	32
Tabla 12.- Caudal determinado para la Investigación. Fuente: Propia. ....	33
Tabla 13.- Diámetro para el tubo de Descarga de la Bomba. Fuente: Propia. .	33
Tabla 14.- Número de Reynolds.....	33
Tabla 15.- Perdidas primarias. Fuente: Propia. ....	34
Tabla 16.- Factor K de accesorios utilizados. Fuente: Propia. ....	34
Tabla 17.- Perdidas secundarias por accesorios utilizados. Fuente: Propia. ...	34
Tabla 18.- Pérdidas totales para la investigación. Fuente: Propia. ....	35
Tabla 19.- Cálculo de paneles en paralelo. ....	37
Tabla 20.- Costo de materiales. Fuente propia.....	38
Tabla 21.- Costo de Instalación. Fuente: Propia.....	38
Tabla 22.- Pago por minuto de trabajo de un peón. Fuente Propia. ....	39
Tabla 23.- Costo por llenar un balde en 5 minutos. Fuente: Propia ....	39
Tabla 24.- Costo por litro de agua en el poblado. Fuente: Propia.....	39
Tabla 25.- Ingreso diario por recojo de agua del pozo. Fuente: Propia ....	39
Tabla 26.- Costo anual por recojo de agua en el pozo. Fuente: Propia ....	40
Tabla 27.- Flujo de caja. Fuente: Propia.....	40
Tabla 28.- Evaluadores económicos para el sistema de bombeo. Fuente: Propia .....	40

## **Índice de gráficos y figuras**

Figura 1.- Movimientos del globo terráqueo, Fuente: Javeriana, 2015, p. 26 ..	12
Figura 2.- Ángulo de incidencia al panel. Fuente: Lozano, 2016, p. 60 .....	15
Figura 3.- Ciclo hidrológico del agua. Fuente: Vèlez Otálvaro.....	18
Figura 4.- Alturas para selección de la bomba. Fuente. Propia .....	36

## RESUMEN

La presente investigación pretende dimensionar un sistema de bombeo fotovoltaico que satisfaga la demanda de agua en el caserío Pampa Culebra. La investigación se realiza con la toma de datos para determinar el consumo de agua diario del caserío. Con esto y la radiación solar se determina cuanto tiempo podrá trabajar la bomba así se establece el caudal e bombeo y se dimensiono el sistema fotovoltaico según la selección de la bomba que actualmente la existencia de tecnología que trabaja en conjunto con los paneles hizo fácil la elección de la misma. concluyendo la investigación los evaluadores económicos dieron como positivos estableciendo la factibilidad del diseño de bombeo fotovoltaico.

**Palabras clave:** Paneles fotovoltaico, Bombeo fotovoltaico, Generación de energía.

## **ABSTRACT**

This research aims to size a photovoltaic pumping system that meets the demand for water in the Pampa Culebra farmhouse. The investigation is carried out with data collection to determine the daily water consumption of the hamlet. With this and the solar radiation it is determined how long the pump can work so the flow and pumping is established and the photovoltaic system is sized according to the selection of the pump that currently the existence of technology that works in conjunction with the panels made easy the choice Of the same. concluding the investigation, the economic evaluators gave positive by establishing the feasibility of the photovoltaic pumping design.

**Keywords:** Photovoltaic panels, Photovoltaic pumping, Power generation.



## **I. INTRODUCCIÓN**

La eficiencia energética es un tema que involucra problemas constantes en las diferentes instalaciones industriales, pero también mientras nos inmiscuimos en este tema se encuentran constantemente términos que en la actualidad no son tan nuevos como biomasas, alternativas energéticas, restricciones energéticas, eficiencia energética, energías geotérmicas y demás energías limpias que actualmente ya se encuentran en nuestras manos para poder generarlas y utilizarlas además que son gratuitas ya que son energías que parten de la propia naturaleza entre ellas la más conocida y anhelada es la fotovoltaica (Arellano Bastidas , 2015 pág. 20).

Las energías fotovoltaicas tienen una relevancia una poco nueva ya que en 1890 el ingeniero más representativo en el área de la electricidad llamado Nicola Tesla argumento que si tuviéramos la capacidad de almacenar la energía que el sol irradia hacia la tierra en el desierto del Sahara tendrías la energía suficiente para poder satisfacer todos los requerimientos energéticos de todo el mundo de esta y muchas generaciones venideras (Arellano Bastidas, 2015 pág. 21).

Lamentablemente en la actualidad es algo impropio tener siquiera energía en una vivienda común de condiciones de vida media en España según lo interpreta Arellano Bastidas (2015 pág. 21).

En la explotación de acuíferos los factores que más afectan a que esta se vuelva una sobreexplotación son las sobrepresiones, los cuerpos de agua generalmente se ven contaminados por sustancias vertidas en ellos, la deforestación que genera un cambio en el uso de los suelos y el crecimiento de las urbes debido a al consumo de producción hídrica (Espíritu Quispe, 2015 pág. 7).

La disminución de la disposición actual que en conjunto con el gran aumento de la población generan un conflicto entre los cuales se ha aumentado y extendiendo a empeorar con respecto al uso del agua y de la

generación de alternativas que permitan la utilización responsable de la misma esto por medio de disposiciones, normativas, proyectos y leyes que se dirijan a la defensa y utilización de una forma responsable y racional. (Espíritu Quispe, 2015 pág. 7).

Con el abuso de combustibles fósiles surge la llamada crisis del petróleo que direcciono a que el Perú así como el resto del mundo busque alternativas en la utilización de energías renovables que se conocen como energías limpias por su afinidad a trabajar de manera muy positiva con el ambiente, estas energías en su gran mayoría por no decir todas son producidas de manera directo o indirectamente por el sol (Espíritu Quispe , 2015 pág. 7).

En el Perú se realizó unas series de capacitaciones en distintas ciudades en especial en cuando al uso de tecnologías de viento para el bombeo de agua, así como los calentadores y secadores solares tanto para el calentamiento de agua como para el secado de productos agrícolas respectivamente. El éxito que se tuvo con estos resultados fue aceptable, los calentadores de agua solares se afirmaron como una tecnología muy usada actualmente en Arequipa, mientras que los secadores solares de maíz que se construyeron de forma artesanal son utilizados actualmente en Urubamba en el Valle Sagrada. (Espíritu Quispe , 2015 pág. 15).

Aunque la intensión en el Perú siempre ha sido incrementar la electrificación en todo el territorio peruano la extensión de redes tienen o presentan mucho problemas con respecto a los poblados alejados de las urbes lo que deja a muchos peruanos del sector rural sin ningún acceso a la energía eléctrica por medios convencionales (Espíritu Quispe , 2015 pág. 15).

Justamente es la gente que vive en zonas rurales las que pretenden o necesitan que la electrificación en el territorio peruano sea una prioridad pero los costos de la extensión de redes para zonas rurales son abismales

y de una recuperación negativa para la inversión privada. Esto se genera debido a que no se tiene una gran densidad poblacional en las zonas rurales del país, así la única opción viable a corto o mediano plazo que tienen estos peruanos para poder tener acceso a la energía eléctrica es la generación de la misma por medio de energías no convencionales como biomasa, solar tanto térmica como fotovoltaica, eólica, hidráulica, etc. (Espíritu Quispe , 2015 pág. 15).

Así los índices por ejemplo en Lambayeque durante el periodo del 2003 al 2007 se mantuvieron en 37.5% en el consumo de energía eléctrica, entre los que el 77.5% está representado por el consumo en las ciudades (Vela Meléndez, 2014 pág. 32).

Actualmente en el Perú y el mundo existen actividades que tienen un consumo mayor de energía que otras, con lo que se establece un diagnóstico con el cual se determina la participación a nivel de porcentaje de cada actividad, registrándose el consumo de energía por cada sector lo que identifica que actividades de cada sector son las de mayor consumo (Vela Meléndez, 2014 pág. 32)

El sector la Pampa La Culebra es un sector que se ubica en la zona rural del Perú este poblado tiene o sufre justamente de las dos condiciones de necesidad que se describen con anterioridad primero es la carencia de agua potable, esta la suministran de manera artesanal debido a que no cuentan con energía eléctrica desde un pozo tubular estos medios al ser rústicos y necesitar de la fuerza física de las personas que requieren el agua tiene limitantes para obtenerla.

Como resultado de no contar con agua en las cantidades correspondientes para las medidas de salubridad en los alimentos o en la disposición de aseo personal las enfermedades crónicas debido a esta limitada higiene son frecuentes entre los habitantes del poblado, además que afecta a la mala alimentación del ganado colocándolos a una baja calidad en la

comercialización de estos en los mercados locales lo que establece un carente desarrollo social y económico.

La formulación del problema se establece como:

¿Si se diseña un sistema de bombeo fotovoltaico se podrá abastecer de agua potable - Caserío Pampa la Culebra - Cajamarca?

El estudio se justifica de manera económica, social, tecnológica y ambiental, la justificación económica se da debido a que la población de la Pampa la culebra tiene un gasto económico amplio con respecto a la obtención de energía y el utilizarla para poder realizar el bombeo del pozo para abastecerse de agua ocasionaría una gasto enorme que no pueden afrontar los agricultores y los recursos que utilizan actualmente son excesivos con los que se evitarían si existiera el diseño planteado en esta investigación es aquí donde se dirige la investigación a que se genere un ahorro económico en cuando a la adquisición del agua para los pobladores de Pampa la Culebra.

La relevancia social está por sobre entendida ya que el proyecto lo que busca es desarrollar un sistema que permita el acceso al agua para los pobladores de Pampa la Culebra esto mejoraría las mediad de salud y las enfermedades que se tienen por no contar con el suficiente fluido para las necesidades de limpieza debido al costo físico y económico que demanda tener recipientes y gasto energético que los pobladores no pueden tener. La mejora en salud y bienestar psicológico ya que tendrán una preocupación menor por el abastecimiento de agua lograr una mejora para la sociedad del poblado, sin mencionar que será un ejemplo o antecedente a seguir por las comunidades aledañas lo que causaría una mejora social para el distrito y región.

La justificación tecnológica se da debido a que se generar un diseño especifico considerando las variables del poblado, y se instruirá en una generación que permitirá tener más conocimiento sobre la transformación de energía solar en eléctrica dentro del poblado. Este nuevo conocimiento

específico podrá ayudar a desarrollar nuevos sistemas de generación acorde a la necesidad y requerimiento de los poblados con características similares.

El beneficio ambiental también viene dado por antemano debido a que la generación fotovoltaica es conocida a nivel mundial como una generación limpia y es una de las fuentes más provechosas del recurso solar que no requiere un gasto de materia prima para su operación dando como resultado el cero contaminación al medio ambiente durante su construcción y operación.

La hipótesis que se estableció para esta investigación fue:

Si se diseña un sistema de bombeo fotovoltaico entonces se abastecerá de agua potable - caserío Pampa la Culebra - Cajamarca.

El objetivo general que se logró con esta investigación fue:

Diseñar de un sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer de agua potable - caserío Pampa la Culebra - Cajamarca.

Se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar la demanda hídrica y niveles de radiación solar en el caserío Pampa la Culebra.
- Seleccionar los componentes del sistema de bombeo y los paneles solares para el sistema de bombeo solar fotovoltaico.
- Realizar una evaluación económica, mediante indicadores económicos, como TIR y VAN para determinar la factibilidad del sistema de bombeo solar fotovoltaico.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Guevara López (2016) en su investigación llamada “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado, alimentado por un sistema fotovoltaico para el cultivo hidropónico en una planta piloto en el sector de san Vicente – Quero” logro determina un sistema de riego automático con una bomba alimentada por un sistema fotovoltaico para garantizar el riego los cultivos de lechuga hidropónico en el cantón de nombre Quero, en esta investigación determina que el sistema de riego requiere una bomba hidráulica de 0.25 Hp considerando toda la instalación tanto con las perdidas primarias y secundarias de la misma este sistema de riego fue alimentado en su totalidad por un sistema de generación fotovoltaica. Entra las ventajas que presenta es que el sistema de riego es autónomo por lo tanto independiente del sistema de energía de redes lo que lo hace confiable en su suministro de energía, otra de las ventajas mismas en si es el propio sistema de riego que es un sistema automatizado el cual brindara el recurso hídrico cada vez que el cultivo lo requiera y reducirá las pérdidas de líquido en un 100% ya que este sistema se diseñó para que entre en contacto directo con la raíz que de cada planta, así utiliza un menor espacio y tiene una mayor producción por área ocupada en comparación con el sistema de riego tradicional.

En la investigación de Farfán Neyra (2014) denominada “Diseño y construcción de un solarímetro y su equipo de registro para la cuantificación del potencial de la energía solar” manifiesta que el departamento de Lambayeque ubicado en el norte del país es un lugar en el cual se muestra un gran potencial energético solar, la investigación tiene como resultado un prototipo de solarímetro el cual es diseñado para determinar la cantidad de energía solar existe por área siendo este el concepto neto de radiación solar, entre los resultados la investigación plantea que el potencial de radiación solar está entre los 5.5 a 6.0 kWh/m<sup>2</sup> al día, el investigador determina que estos

son valores muy aceptables para la obtención de energía eléctrica y térmica con origen solar y que se puede direccionar a varios usos como electrificación domiciliaria, bombeo con sistemas de riego tecnificados, sistemas para generación de calor y algunas otras funciones no tan conocidas. El investigador también concluye que para realizar mediciones de radiación solar se debe tener que seguir un protocolo donde se determinen las características de otras variables durante la prueba como lo son la humedad, los niveles de precipitación, la ubicación, brillo del sol, etc. lo que establecerá que se tengan mediciones lo más real posibles en un tiempo determinado. Además, que las mediciones pueden determinar la energía que se lograría usar ya fuera la eléctrica por la transformación de paneles solares o la térmica. Por ultimo concluye que la generación de energía solar por efecto fotovoltaico es útil si se logran mediciones de 5kWh/m<sup>2</sup> de radiación solar.

En la tesis “Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar agua para riego al fundo Rodríguez distrito de Oyotún de la provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque” se orienta a una comunidad que recogen agua en un punto distante a ella, para poder conseguir dicho recurso existen muchas alternativas que utilizan los pobladores y otras que aun pudiendo usarse se abandonan por presentar el mismo problema que es el uso de energía y el no disponer de manera constante de ella para adquirir la cantidad de agua que requiere el fundo. Ahora en la actualidad las tecnologías que se utilizan para el movimiento de agua y su adquisición ha aumentado volviendo más fácil la tarea de conseguir el recurso y el acceso al mismo. La tecnología que se desarrolló en esta investigación fue el bombeo fotovoltaico que logro ser una alternativa viable y accesible económicamente para el fundo, aunque se establece que los costos de inversión en la primera etapa son elevados la viabilidad del sistema se dio debido a su bajo mantenimiento y costo de operación que es sumamente simplificado y automático lo que permite que la inversión a largo plazo se recupere (Aguirre Delgado, 2016).

En la tesis “Estudio de Factibilidad de uso de Energía Fotovoltaica Para Abastecer de Agua Potable del Caserío Túpac Amaru, Olmos, 2018”

presentada para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista cuyo objetivo fue realizar un estudio de factibilidad con el cual se use la energía fotovoltaica para abastecer de agua potable al Caserío Túpac Amaru de Olmos se realizaron las mediciones de radiación y estableció las de mayor medida durante las horas 12:00 y 14:00 siendo estas superiores 6 kWh/m<sup>2</sup> mientras que en promedio entre 9:00 y 16:00 superaron los 5kWh/m<sup>2</sup>, las mediciones se realizaron durante los meses de Enero, Marzo, Junio, Setiembre y Noviembre. Los componentes que se seleccionaron fueron de acuerdo a los recursos energéticos que se hayo no solo para los niveles de radiación sino también para el recurso hidráulico disponible y la demanda hídrica de la población. El proyecto se tuvo que enmarcar para el interés social y no para el mercado privado con una tasa de inversión social del 26.8%. (Flores Chempen, 2018).

En la Tesis “Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua” presentada para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial cuyo objetivo fue realizar un estudio experimental para la generación de energía eléctrica utilizando un sistema solar fotovoltaico en corriente continua para bombeo de agua reduciendo así las emisiones de gases contaminantes que se producen por equipos de bombeo en base a combustibles fósiles, concluye que la tecnología solar para bombeo en corriente continua está siendo muy difundida y tiene un desarrollo rápido en equipos que buscan tener disposición en aplicaciones múltiples. Su uso es seguro y confiable, así como de poco mantenimiento. Determino que el potencial de la zona es apta para la instalación de sistemas fotovoltaicos aprovechando el recurso renovable (Peralta Vera, 2018)

La termodinámica es una ciencia que relaciona o estudia la transformación de energía calorífica en trabajo o viceversa, en la misma traducción de su nombre se entiende ya que proviene de la voz griega Thermos que tiene como significado “Calor” y Dynamiz que se entiende como “Fuerza” o “Poder”, de manera específica relacionada con el movimiento, de manera conjunta la palabra termodinámica puede traducirse como Fuerza del Calor, lo que se



puede apreciar cuando se quema carbón, petróleo o madera el calor que emana dichas combustiones se entiende como energía lo que le da significado a esta ciencia (Díaz Pereyra , 2018 pág. 53).

La termodinámica tiene como principio cuatro leyes que establecen el entendimiento de los sistemas cuando se ven involucrados a un cambio o movimiento de energía, la primera de ellas determina que toda la energía en un sistema no se puede crear ni destruir solamente transformar por lo que si se suman todas las energías que ingresan, están y salen de un sistema deberá ser de cero ya que no existirá ni una creación de energía ni una desaparición de esta, cuando se habla de energía esta puede ser vista de maneras diferentes, la energía está presente en toda la materia desde su composición ya que tanto en átomos como en moléculas se presentan en su estructura e interacción de sus elementos energía cinética y potencial que les permite coexistir y existir (Ferrer Sánchez , 2016 pág. 136).

$$U_2 - U_1 = \Delta U = Q - W$$

Mientras la primera ley establecía que la energía no se podía crear ni destruir y establecía que estaba en movimiento entrando o saliendo del sistema la segunda ley se basa en la dirección de esta, se establece que siempre un medio o sistema que tiene una temperatura mayor cedera de forma natural energía a un sistema que se encuentra con menor temperatura cuando esos dos sistemas tengan alguna conexión o contacto así siempre la energía de forma natural va del sistema que tiene mayor al que tiene menor temperatura (Ferrer Sanchez , 2016 pág. 139).

Cuando un cuerpo con una temperatura se pone en contacto con uno de menor temperatura como lo establece la segunda ley de la termodinámica el primer cuerpo cederá energía al segundo hasta que ambos se encuentran a la misma temperatura. A esta energía que se transfiere por la diferencia de

temperaturas se determina o se denomina como calor (Barrera Salas, 2014 pág. 10).

Los cuerpos no se consideran que contengan calor, pero si se pueden considerar que contienen energía, así que el calor es una energía en movimiento por eso dichos cuerpos no pueden contener calor, la transferencia del mismo incluye tres formas, para los sólidos por conducción, para los fluidos convección y donde no existe medio físico radiación (Barrera Salas, 2014 pág. 13).

Esta es una de las formas en que el calor se transfiere, utiliza como medio para poder moverse los cuerpos sólidos como por ejemplo al calentar un extremo de una varilla se calienta el otro que se encontraba frío, la manera en que se calentó fue porque el calor de un extremo se movió hasta el otro extremo atravesó la misma varilla, la forma en que el calor se mueve a través de los elementos sólidos es un poco incomprensible aunque se asume que el calor se debe a que los electrones se mueven entre los átomos debido a que un extremo se calienta más que otro, esta teoría explicaría por qué los cuerpos de mejor conducción térmica son los metálicos ya que estos tienen un enlace molecular denominado metálico que es generado por un mar de átomos con electrones libres en sus últimas capas de valencia (Barrera Salas, 2014 pág. 13).

La manera en que se transfiere el calor entre los fluidos como gases o líquidos se realiza por medio de convección aparecerá una característica durante el proceso de transferencia de calor en fluidos es que durante la transferencia de calor los fluidos se mueven debido a que al calentar una parte de dicho fluido esta cambia de densidad se hace más ligero y por ende sube y deja que el fluido con más densidad baje así durante el calentamiento del fluido este está en movimiento constante (Barrera Salas, 2014 pág. 13).

La radiación es un medio de transferencia de calor diferente a la convección de los fluidos o a la conducción en los sólidos ya que este fenómeno se presenta entre sustancias sin que exista un contacto entre ellas es decir cuando estas se encuentran separadas por el vacío, este término se emplea para catalogar todos los fenómenos que utilizan ondas electromagnéticas y existen dos teorías que explican cómo se produce la radiación la de cuerdas y la teoría cuántica aunque esta última tiene una explicación más satisfactoria para la radiación electromagnética (Barrera Salas , 2014 pág. 14).

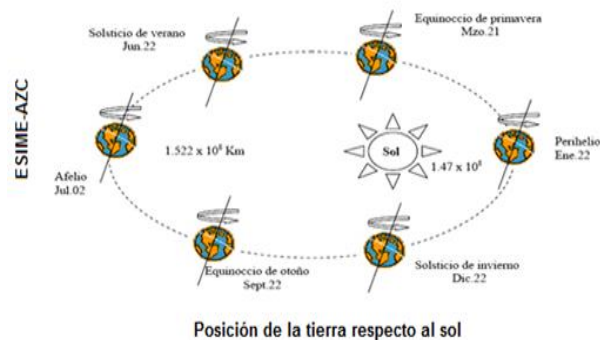
Según la Ley de Planck solo un cuerpo ideal emite radiación los reales no lo hacen de manera completa, la cantidad de energía que se emite por unidad de superficie y de tiempo se denomina poder emisor de un cuerpo y es el conjunto de todas las longitudes de onda de energía que irradia dicho cuerpo (Barrera Salas , 2014 pág. 14).

El sol es la estrella que existen en el universo es la más cercana a la tierra y tiene un valor inimaginable debido a que es la fuente de toda la vida que existe en este planeta sin este astro la vida no existiría y si desapareciera la vida en nuestro planeta se iría con él, el sol es una fuente inagotable de energía debido a su masa en este astro se ve envuelto constantemente durante cada segundo a reacciones nucleares que mantienen al sol irradiando energía a todo el sistema solar y universo de la cual la tierra se aprovecha para tener vida dentro de ella (Javeriana , 2015 pág. 18).

Las reacciones que generan tanta energía se generan por los átomos de hidrógeno, cuando dos de estos átomos se fusionan para lograr un átomo de otro elemento que tiene un peso menor al peso combinado de los dos átomos de hidrógeno esta porción de masa que desaparece por así decirlo lo que hace es convertirse en energía es esta la energía que el sol libera de manera constante según la famosa ley de Einstein donde establece que la energía es igual a la masa por la velocidad de la luz al cuadrado y desde su posición el sol

irradia dicha energía en todas las direcciones del universo (Javeriana , 2015 pág. 19).

Un dato curioso es que la cantidad de energía que el sol tiene la capacidad de irradiar durante solamente un segundo hubiera sido suficiente para satisfacer el fasto de energía de la humanidad desde sus inicios hasta estos días (Javeriana , 2015 pág. 26).



**Figura 1.- Movimientos del globo terráqueo, Fuente: Javeriana, 2015, p. 26**

La temperatura del núcleo solar se encuentra entre los 8 a 40 millones de grados kelvin, tiene una densidad entre 100 a 80 veces más grande que el agua terrestre; es ahí donde se genera casi el 100% de la energía que irradia, el núcleo abarca prácticamente el 40% de su masa solar y tiene una región central que está a 0 – 23 radios solares, la temperatura disminuye conforme se aleja del núcleo llegando a 130 000 K cuando la densidad está a 0.07 g/cm<sup>2</sup> (Huidobro Pelayo , 2016 pág. 29)

La fotosfera contiene una capa transparente que se observa claramente durante los eclipses solares; aquí se ubican algunos gases fríos conformando una capa de inversión, más adelante se ubica la cromosfera que tiene aproximadamente un espesor de 10 000 kilómetros, es aquí donde existen gases a mayor temperatura y una densidad menor que la de la fotosfera, que es una capa que envuelve a todas y al final se encuentra la corona de un millón de kilómetros, la cual tiene una densidad muy baja y una temperatura

muy alta, la temperatura en su superficie esta alrededor de los seis mil grados kelvin (Huidobro Pelayo , 2016 pág. 71).

No existe manera que toda la energía que irradia el sol llegue a la tierra debido a que parte de ella se pierde en el espacio otra parte al atravesar la atmósfera y después se dispersa mediante los obstáculos como las nubes que se encuentran en el camino hasta llegar por fin a la corteza terrestre por lo que se puede hablar de varios tipos de radiación desde que esta llega a la atmósfera (De la Cruz Clemente, 2014 pág. 17).

Existen tres maneras en que la radiación solar llega a la tierra estas son la radiación directa que es cuando los rayos del sol llegan directamente a la corteza terrestre, se da en los días despejados, el otro tipo de radiación es la difusa está compuesta por los rayos solares que no son paralelos, este es el tipo de radiación que le da el color gris al cielo en días con nubes y azul en los días despejados, el tercer tipo de radiación solar que llega a la tierra es la reflejada que es la energía solar que se refleja en superficies como el suelo, edificios, o estructuras, todo depende de la textura y forma de los alrededores que reflejan la radiación solar (Hernández Alvarado , 2014 pág. 20)

“La limpieza de la atmósfera y de su contenido de vapor, polvo y humo como también el ángulo de sol, son los que originan su efecto en la energía” (Hernández Alvarado , 2014 pág. 20).

La radiación se ve afectada por los objetos o materia que encuentra en el camino hacia la tierra es decir por las partículas de polvo que flotan en la atmósfera así como las nubes y hasta la distancia del sol hacia la tierra que varía a lo largo del año, la radiación disminuye debido a estos objetos y la distancia, aunque al tener contacto con la radiación solar dichas partículas de polvo y las nubes que absorben la energía solar son justamente las que se encargan de esparcirlas por todos los contornos terrestres como una especie de polinización (Hernández Alvarado , 2014 pág. 20)

Como se sabe el sol es un astro fijo en el centro del sistema planetario pero al tierra gira alrededor de el al mismo tiempo que esta gira sobre su eje lo que hace que los rayos solares no lleguen con la misma orientación durante todo el día debido a dicha rotación el sol se va ocultando por el giro de la tierra y del mismo modo durante las estaciones el sol no logra otorgara la misma cantidad de radiación solar a la tierra debido a que en ambos casos los ángulos con los que llegan los rayos solares a la corteza terrestre cambian. (Lozano Vilcarano , 2016 pág. 59).

Teniendo en cuenta el plano ecuatorial el ángulo de desviación de los rayos solares con respecto a este plano recibe el nombre de declinación. Este ángulo cambia su signo según su ubicación con respecto a la línea ecuatorial terrestres es positivo si se encuentra al norte y si esta al sur de ella se considera negativo. (Lozano Vilcarano , 2016 pág. 59).

$$\delta = 23.45^{\circ} \text{Sen} \left[ \frac{360(n - 80)}{365} \right]$$

la ecuación mostrada define en cualquier día del año a la declinación y resulta muy importante cuando se requiere saber la posición del sol en el cielo en la estación del año que se requiera (Lozano Vilcarano , 2016 pág. 59).

Otro ángulo que se debe tener en cuenta con respecto a la posición del sol el es Zenit este es la perpendicular de la tierra al sol el ángulo del zenit se considera entre el sol y dicha línea perpendicular hacia la tierra, esta declinación llega a ser la mejor para la radiación solar cuando llega el medio día siendo la posición más óptima para que el sol arroje su radiación con mayor fuerza o que llegue mayor radiación solar a la tierra (Lozano Vilcarano , 2016 pág. 60).

En la figura 2 se puede observar que zenit ( $\theta_2$ ) se calcula con la diferencia de la latitud del lugar ( $\phi$ ) esta es la distancia angular al ecuador de cualquier punto

sobre la tierra al igual que la declinación cambia de signo negativo al sur y positivo al norte y la declinación que se tiene ( $\delta$ ) (Lozano Vilcarano , 2016 pág. 60).

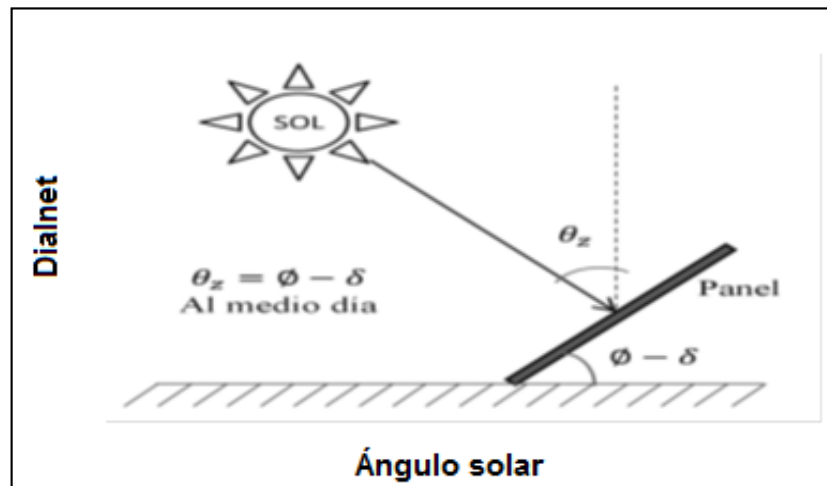


Figura 2.- Ángulo de incidencia al panel. Fuente: Lozano, 2016, p. 60

Al ángulo al cual se establecen los módulos fotovoltaicos son de gran relevancia para obtener la mayor cantidad de energía solar en el día, por eso las medidas de radiación que se toman sobre la tierra se hace de manera horizontal así se puede proyectar la cantidad de energía recogida cuando el ángulo de inclinación varia en el lugar donde se ubiquen los paneles, la mejor posición o ángulo que se puede tener siempre es cuando se está perpendicular al sol durante el medio día así la inclinación que se buscara en el panel será la que le den durante el medio día una posición perpendicular al sol según la ubicación donde se encuentre en el planeta (Lozano Vilcarano , 2016 pág. 60).

Los sistemas solares fotovoltaicos son sistemas de generación de energía, estos sistemas tienen la capacidad de convertir energía fotovoltaica solar en energía eléctrica directa y transformarla en el tipo de energía que requiera la carga, las ventajas que presenta es debido a que se una de las energías renovables más conocidas y utilizadas en el planeta esta dio el inicio a las tendencias de generación por aprovechamiento de energía solar siendo sus

principales compromisos la generación de energía limpia, autónoma y con una vida útil de aproximadamente 20 años aunque también presentan desventajas como la cantidad de área que se requiere para la generación y el costo de inversión que en muchos casos no se recupera (Huidobro Pelayo , 2016 pág. 15)

Esta es la principal componente de los paneles solares y el conjunto de ellas es quien da forma a un panel solar o en otras palabras el panel solar fotovoltaico este compuesto por un conjunto de celular solares conectadas de manera adecuada para formar el voltaje e intensidad que forman las características técnicas de dicho panel. Esta célula está compuesta por material semiconductor N y P que la se excitada por la radiación solar absorbe los fotones de dicha radiación y libera un electro por cada fotón absorbido al ser dirigido por medio de las conexiones de una lugar a otro de manera ordenada se genera corriente eléctrica y esta es retirada al exterior debido a las conexiones que se tienen entre las demás celular solares y el exterior del panel (Huidobro Pelayo , 2016 pág. 13).

Es de suma importancia para los pobladores que no tienen acceso al agua potable de una red pública por la distancia donde se ubican con respecto a las ciudades, las aguas subterráneas se utilizan para abastecer de dicho fluido tanto a toda un poblado como a familias o locales individuales para las actividades que se generen en la ubicación como pueden ser consumo humano, riego agrícola, uso para animales, etc. también se utiliza en algunas industrias en cantidades muy grandes (Franco Sullca , 2015 pág. 19).

En algunos casos el agua subterránea debido al filtro natural que representa el suelo puede tenerse una agua de consumo humano sin ninguna preparación o adecuación para hacerla potable haciéndose más pura que las aguas superficiales (Franco Sullca , 2015 pág. 19).



En la tierra se puede encontrar aproximadamente el 97.2% de agua en los océanos con un promedio de  $1320 \times 10^6 \text{ km}^3$ , entre los glaciales y las nieves perpetuas en los países de bajas temperaturas se encuentra aproximadamente 2.15% que representa al  $30 \times 10^6 \text{ km}^3$ , las aguas subterráneas a menos de 800 metros son el 0.31% con  $4 \times 10^6 \text{ km}^3$ , al igual que las que se encuentran a más de 800 metros (Velez, p. 4).

El agua se presenta en la naturaleza en los tres estados de la materia que son líquido, sólido y gaseoso, este elemento se encuentra en todo el planeta en la tierra, aire, suelo y sub suelo (Cajachagua Segura , 2014 pág. 17).

En la tierra el agua se puede determinar distribuida como sigue en la superficie se encuentra la zona que se denomina como no saturada porque es donde el agua se encuentra dentro de los espacios que existe entre las partículas de tierra al igual que el aire y está sometida a la fuerza capilar de la tierra, pero esto no es en toda la corteza terrestre ya que a una determinada profundidad el agua se acumula llenando los espacios vacíos que se encuentran en la corteza y a esta zona se llama zona saturada aquí deja de someterse a fuerzas capilares y se somete a fuerzas gravitatorias (Cajachagua Segura , 2014 pág. 18).

El agua también se encuentra en estado sólido como se mencionó y su ubicación es en el hielo de los glaciales, la nieve o granizo mientras que en el último estado el gaseoso se ubica entre el aire que está bajo la atmosfera (Cajachagua Segura , 2014 pág. 18).

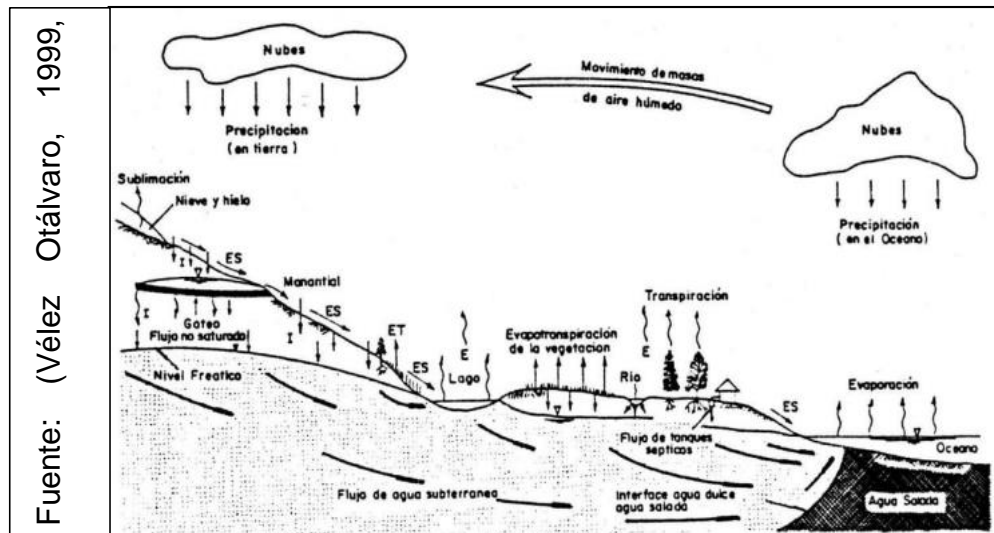


Figura 3: Ciclo hidrológico del agua. Fuente: Vélez Otálvaro.

“Es el conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que utilizan el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un estanque de provisión o directamente a la red de distribución” (Simbaña Calle , 2018 pág. 68)

“En los sistemas de agua existen distintos tipos de bombas y aplicaciones. Las bombas centrífugas son las que se utilizan para trasladar agua “ (Simbaña Calle , 2018 pág. 68)

“Algunas aplicaciones usan bombas de desplazamiento positivo para por ejemplo dosificar sustancias químicas, muestreo y compresión de aire” (Simbaña Calle , 2018 pág. 69)

Las bombas de desplazamiento variable se utilizan para grandes volúmenes requiriéndose una tasa de caudal constante” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 56).

De acuerdo a la carga, la tasa de descarga varía en esas bombas. Éstas dependen de la carga de succión positiva o de un sello hermético en la entrada de la bomba si el nivel del agua que se va a bombear está por

debajo del impulsor de la bomba. El tipo de bomba de desplazamiento variable más común es la centrífuga. (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 56).

“Estos equipos tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Se pueden instalar en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, permitiendo así ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 24).

El empleo de estas bombas se da en cisternas, fuentes superficiales y embalses. Estas son apropiadas para la zona rural, además su bajo costo de operación y mantenimiento le genera una gran ventaja (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 25).

“Estas bombas tienen el eje transmisión en forma vertical y sobre este se apoya un determinado número de impulsores que engrandecen el agua por etapas” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 25)

Su ubicación debe estar directamente sobre el punto de captación, limitándose su uso a pozos profundos. Estas bombas poseen diámetros pequeños, para así poder introducirlas en las perforaciones de los pozos, que exigen diámetros pequeños (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 25)

“Estos equipos que poseen la bomba y motor conectados en forma compacta, funcionando ambos sumergidos en el punto de captación; se emplean solamente en pozos muy profundos, teniendo ventajas en comparación con el uso de bombas de eje vertical” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 25).

Las desventajas de estas bombas es que poseen eficiencia relativamente baja, aunque su costo sea bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 25).

“La capacidad de la tubería de succión, equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 32).

$$Q_b = Q_{max.d} \frac{24}{N}$$

$Q_b$  = Caudal de bombeo, l/s

$Q_{max.d}$  = Caudal máximo diario, l/s

$N$  = Número de horas de bombeo.

La altura dinámica es el incremento de la carga del flujo a través de la bomba. Se suma la carga de succión más la de impulsión” (OPS/CEPIS, 2005, p.04).

$$H_b = H_s + H_i$$

$H_b$  = Altura dinámica o altura de bombeo, m.

$H_s$  = Carga de succión, m.

“Se da por el contraste de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 36).

$$H_s = h_s + \Delta h_s$$

$H_s$  = Altura de succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua, m.

$\Delta h_s$  = Pérdida de carga en la succión, m.

“Debe reflexionarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH), además, que debe existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 36).

“El NPSH disponible es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la siguiente fórmula” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 37).

$$NPSH_{disponible} = H_{atm} - (H_{vap} + h_s + \Delta H_s)$$

Dónde:

NPSH disponible = Carga neta de succión positiva disponible, m.

H<sub>atm</sub> = Presión atmosférica, m.

H<sub>vap</sub> = presión de vapor, m.

h<sub>s</sub> = Altura estática de succión, m.

ΔH<sub>s</sub> = pérdida de carga por fricción de accesorios y tubería, m.

“Para evitar el riesgo de la cavitación por presión de succión, se debe cumplir que” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 37).

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerida}$$

“Está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada y el eje de las bombas más la pérdida de carga del lado de la tubería de impulsión” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 51).

$$H_i = h_i + \Delta h_i$$

Dónde:

h<sub>i</sub> = Altura de impulsión, o sea, la altura del nivel superior en relación al eje de la bomba, m.

$\Delta h_i$  = Pérdida de carga en la tubería de impulsión, m.

“Reemplazando las ecuaciones de carga de succión y de carga de impulsión en la ecuación de altura manométrica total se tienen las siguientes relaciones” (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 52).

Bombeo con bombas de eje horizontal y de eje vertical:

$$H_b = h_s + h_i + \Delta h_s + \Delta h_i$$

Bombeo son bombas sumergibles:

$$H_b = h_i + \Delta h_i$$

La siguiente fórmula sirve para calcular la potencia de la bomba y del motor (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 62):

$$P_b = \frac{Q_b \cdot H_b}{76 \cdot \eta}$$

Dónde:

$P_b$  = Potencia de bomba y del motor (HP).

$Q_b$  = Caudal de bombeo (l/s).

$H_b$  = Altura manométrica total (m).

$\eta$  = Eficiencia del sistema de bombeo,  $\eta = \eta_{\text{motor}} \eta_{\text{bomba}}$ .

Debe consultarse al proveedor o fabricante, sobre las curvas características de cada bomba y motor para conocer sus capacidades y rendimientos reales. La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia ( $\eta$ ) mayor a 70%. (Ayala Rodriguez, 2014 pág. 62).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño de investigación

Este diseño será de tipo descriptivo, propositivo no experimental.

##### 3.1.1 Tipo descriptiva

El presente proyecto de tesis es de investigación **Descriptiva**, debido a que se han considerado todas las leyes y teorías que están establecidas y han sido llevadas a la práctica para lograr dar soluciones inmediatas a la problemática de un sistema de bombeo solar fotovoltaico.

##### 3.1.2 Tipo Aplicada

El presente proyecto es de carácter **Aplicada**, ya que después, de realizado el análisis técnico financiero se determinará la factibilidad del estudio y en consecuencia se propondrá como alternativa energética para el sistema de bombeo para el caserío Pampa la Culebra.

##### 3.1.3 No experimental

“Los estudios que se realizaran sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”. (Fernández Baptista, sf, p. 28).

Este tipo de investigación no se manipula ni se realiza al azar, se realiza sin intervenir las variables de estudio.

## 3.2 Operacionalización de Variables

### 3.2.1 Variable independiente

- Abastecimiento de agua potable.

### 3.2.2 Variable dependiente

Sistema de Bombeo Fotovoltaico.

### 3.2.3 Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VI</b> <b>Abastecimiento de agua potable</b>	Suministro de agua potable a una comunidad, que incluye las instalaciones de depósitos, válvulas y tuberías	Determinar la demanda de agua	Litros por día	Razón
		Determinar capacidad de suministro	Porcentaje de pobladores abastecidos	Razón
VD Sistema de Bombeo solar	Sistema de bombeo que depende de la radiación del sol como abastecimiento de energía.	Determinar radiación solar	Kilowatt por hora	Razón
		Seleccionar equipos del sistema	Unidad de componentes	Razón



		Determinar capacidad de almacenamiento	Volumen de agua	Razón
--	--	--	--------------------	-------

**Tabla 1.- Operacionalización de las variables. Fuente: Propia**

### 3.3 Población y muestra.

#### **Población**

20 Habitantes del caserío Pampa la Culebra.

#### **Muestra:**

20 Habitantes del caserío Pampa la Culebra.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad.

#### 3.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Objetivo</b>
Observación directa	Ficha de registro de ubicación	Registrar la ubicación de los lotes para ubicar la torre de almacenamiento
Encuesta	Formulario de encuesta	Establecer la demanda según los pobladores que viven en el poblado
		Costo de abastecimiento de agua que existe actualmente
Ficha de análisis de documentos	Ficha de registro de radiación solar	Determinar de una fuente con historial de radiación de la zona los promedios de radiación
	Ficha de registro para catálogos	Recolectar datos de catálogos de los equipos para el diseño del sistema

**Tabla 2.- Técnicas e instrumentos de recolección de daos. Fuente: Propia**

#### 3.4.3 Validez de los resultados

La validez y confiabilidad de este proyecto será complementada mediante el “Juicio de Expertos”, de tal manera que el aporte científico y la experiencia profesional de asesores externo que contribuyeron al desarrollo de esta tesis genere la confiabilidad de los resultados.

### **3.5 Métodos de análisis de datos**

- ✓ Para poder describir algunos fenómenos y sus resultados, se usó la estadística descriptiva
- ✓ Para el análisis de datos de esta tesis, se usaron programas básicos del office, tal como Ms. Excel para el procesamiento de cuadros y gráficos estadísticos.

#### **3.5.1 Aspectos éticos**

La recolección de los datos será analizada con sus valores reales sin ser alterada al momento del análisis estadístico para la ejecución del proyecto.

El tesista se compromete a dar veracidad a los resultados, la confiabilidad de los datos obtenidos en campo; el respeto a la privacidad e integridad de proteger la identidad de los individuos o terceros que participen en el estudio.

Se tomarán los criterios éticos del Código de Ética para la realización de la presente tesis, criterios éticos del Colegio de Ingenieros del Perú, aprobado en la II sesión ordinaria del Congreso Nacional de Consejos Departamentales del periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22,23 y 24 de abril de 1999.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1 Diagnosticar la demanda hídrica y niveles de radiación solar en el caserío Pampa la Culebra.

###### 4.1.1. Recurso Hídrico.

En el caserío pampa la culebra ubicada en la región Cajamarca tiene como necesidad la demanda del recurso hídrico y por medio del cual se abastecen de un pozo subterráneo cuyas coordenadas son:

coordenadas	
X	Y
-7.141379	-78.364296

**Tabla 3.- Coordenadas del pozo subterráneo. Fuente: Propia.**

Según el levantamiento de data mediante una encuesta realizada en cada casa del caserío, obtenemos el consumo diario de agua que corresponde a:

Domicilios	Consumo de agua diario
<b>Pozo</b>	
Casa 01	220
Casa 02	20
Casa 03	60
Casa 04	20
Casa 05	20
Casa 06	40
Casa 07	20
Casa 08	11
Casa 09	13
Casa 10	18
Casa 11	20
Casa 12	20
Casa 13	200
Casa 14	50
Casa 15	18
Casa 16	100

**Tabla 4.- Consumo diario de agua de cada domicilio. Fuente: Propia.**

Se resalta que las casas del caserío pampa la culebra no cuenta una instalación para suministro de agua directa, cuyas casas están ubicadas en las siguientes coordenadas:

Casa	X	Y
1	-7.145240	-78.367394
2	-7.150132	-78.367200
3	-7.150600	-78.371198
4	-7.150518	-78.371414
5	-7.150255	-78.371855
6	-7.150077	-78.372281
7	-7.148220	-78.371018
8	-7.148833	-78.374756
9	-7.148777	-78.374945
10	-7.147155	-78.376216
11	-7.144735	-78.377291
12	-7.146044	-78.378484
13	-7.144506	-78.378544
14	-7.145115	-78.379565
15	-7.142424	-78.383709
16	-7.142564	-78.383457

**Tabla 5.- Coordenadas de las casas de la localidad pampa de la culebra. Fuente: Propia.**

Según la data obtenida tras constatar en cada domicilio la cantidad de litros del recurso hídrico que consumen los pobladores, los cuales debido a la ignorancia del volumen del recurso hídrico los pobladores lo determinan mediante cantidades de Baldes es en la siguiente tabla que establecemos que un 1 Balde es equivalente a 10 L.

Casa	Cantidad de Valdez	Litros
1	22	220
2	2	20
3	6	60
4	2	20
5	2	20
7	2	20
8	1.1	11
9	1.3	13
10	1.8	18
11	2	20
12	2	20
13	20	200
14	5	50
15	1.8	18
16	10	100

**Tabla 6.- Cantidad de baldes equivalentes a litros que consumen cada casa de la localidad.**  
Fuente: Propia.

#### **4.1.2. Radiación Solar.**

Según la página web NAMA cuyas siglas significan Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación, que está gerenciado por el Ministerio de Energía y Minas se tomó la radiación que llega a la zona mediante un año.

MES	RADIACIÓN (kWh/m2)
ENERO	3.14
FEBRERO	2.80
MARZO	2.30
ABRIL	1.48
MAYO	1.30
JUNIO	1.20
JULIO	1.28
AGOSTO	1.92
SETIEMBRE	2.20
OCTUBRE	2.86
NOVIEMBRE	3.10
DICIEMBRE	3.40

**Tabla 7.- Radiación Solar. Fuente: Página Web NAMA.**

#### **4.2 Seleccionar los componentes del sistema de bombeo y los paneles solares para el sistema de bombeo solar fotovoltaico.**

##### **4.2.1. Cálculos de Tanque de Almacenamiento de Agua.**

Mediante el requerimiento del consumo por los pobladores del recurso hídrico, que se recogió durante el recorrido del poblado el requerimiento total y según lo registran los antecedentes a esta investigación un sistema fotovoltaico debe contar por lo menos con 2 días de autonomía, considerando estos dos aspectos se calcula el volumen mínimo que debe tener el tanque elevado determinado en la siguiente tabla:

REQUERIMIENTO HÍDRICO	850
DIA DE AUTONOMÍA	2
REQUERIMIENTO TOTAL	1700

**Tabla 8.- Requerimiento Total. Fuente: Propia.**

Según los productos y tipos de tanques que se encuentran en el mercado, se seleccionó el tanque de marca rotoplas de 2000 L, por ser el superior más cercano al requerimiento que se tiene, por lo tanto, el requerimiento cambiaría a la capacidad del tanque.

#### **4.2.2. Cálculos de la Bomba.**

Para determinar el caudal se establece el tiempo en el que se debe llenar el tanque. El cual obedece al tiempo que va a funcionar el campo solar. El tiempo se determina en las horas solar pico, en el cual entregará el sistema solar su máxima potencia. Se divide la irradiación estándar ( $W/m^2$ ) con la radiación solar para obtener las horas solar pico, de esta manera se considera la radiación solar mínima al año para determinar un sistema que pueda proporcionar el recurso hídrico aun con la radiación solar mínima que se muestre en la zona, lo cual lo establecemos en la siguiente tabla:

$$HPS = \frac{R}{I}$$

HPS	1.20	h	Horas solar pico
R	1200.00	Wh/m2	radiación
I	1000	W/m2	irradiación estándar

**Tabla 9.- Horas Solar Pico para la Investigación. Fuente: Propia.**

Se establece el caudal mediante el tiempo de llenado y el volumen requerido. Dividiendo el volumen requerido 2000L entre las horas pico solar 1.20h, obtenemos  $1666.67m^3/s$  tal y como establecemos en la siguiente tabla:



Q	1666.67	L/h
	0.00046	m <sup>3</sup> /s
HPS	1.20	h
V	2000	L

**Tabla 10.- Caudal determinado para el Investigación. Fuente: Propia.**

Mediante la conversión del caudal de L/h a  $m^3/s$ , se determina que a una velocidad de 5 m/s dato según establecido por el reglamento nacional de edificaciones, con un caudal de 0.00046  $m^3/s$  dato obtenido de la prueba de bombeo, se debe tener de diámetro mínimo 10.82 mm o 0.43 pulg. para no exceder la velocidad máxima requerida por el reglamento de edificaciones en el tubo de descargo de la bomba.

Q	0.00046	m <sup>3</sup> /s
V	5	m/s
D	10.82	mm
	0.43	pulg

**Tabla 11.- Diámetro para el tubo de Descarga de la Bomba. Fuente: Propia.**

De acuerdo a las características de la bomba que se selecciona para la tubería de descargar una tubería de 1 pulg.

Se determinar el número de Reynolds para analizar si el flujo va ser turbulento en la tubería.

diámetro		velocidad	Re
pulg	mm	m/s	
1.00	107.94	0.61	65766

**Tabla 12.- Número de Reynolds**

Para el cálculo de las pérdidas primarias mediante el diagrama de modly se establece el factor de pérdidas primarias según establecido en el siguiente cuadro:

f	0.0195	
Lt	32	m
D	0.1079	m
V	0.61	m/s
g	9.81	m/s <sup>2</sup>
Hr	<b>0.11069854</b>	<b>m</b>

**Tabla 13.-** Perdidas primarias. Fuente: Propia.

Para determinar el factor de los accesorios se busca los valores de K en la literatura mecánica de fluidos Sengler, según la instalación solo se utilizará una válvula de cola y un codo.

Accesorio	Cantidad	K	Σk
Codo	1	0.3	0.3
válvulas bola	1	0.05	0.05
			0.35

**Tabla 14.-** Factor K de accesorios utilizados. Fuente: Propia.

Se calculan las perdidas secundarias por accesorios.

$$h_L = K_L = \frac{V^2}{2g}$$

V	0.61
g	9.81
Σk	0.35
hL	0.00670205

**Tabla 15.-** Perdidas secundarias por accesorios utilizados. Fuente: Propia.

Se calculan las pérdidas totales mediante la fórmula de Euler.

$$H = \frac{p_z - p_A}{\rho g} + Z_z - Z_A + h_T + h_{pt} + \frac{v_t^2}{2g}$$

Za	-25
Zz	6.7
Vt	0.61
hT	0.1174006
hPT	24.681448
g	9.81
<b>HB</b>	<b>56.5179968</b>

**Tabla 16.- Pérdidas totales para la investigación. Fuente: Propia.**

Se seleccionó la bomba considerando el caudal y las pérdidas totales. Se seleccionó la bomba sumergible Shurflo de 9300 24V 70m

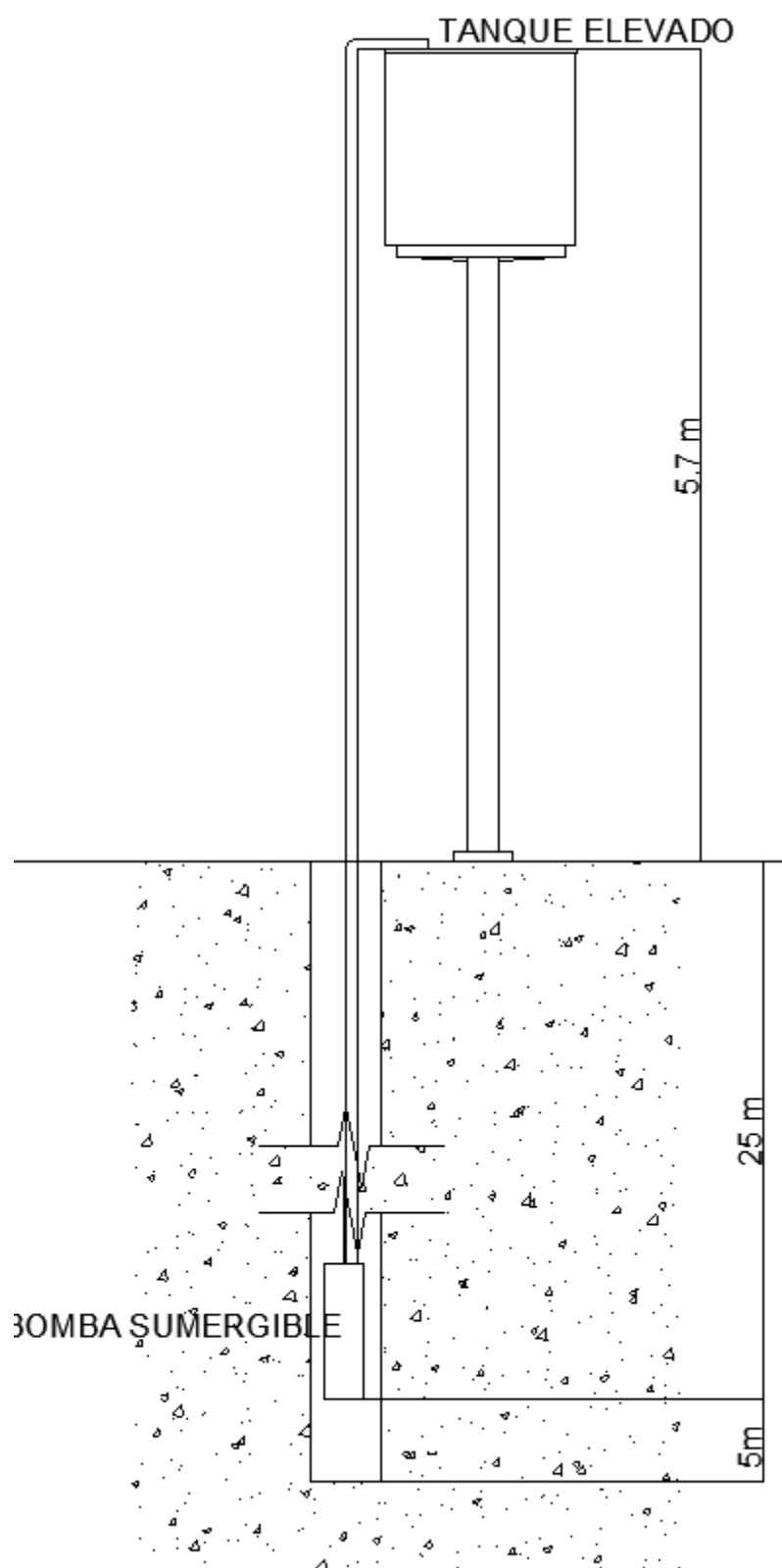


Figura 4.- Alturas para selección e la bomba. Fuente. Propia

#### 4.2.3. Dimensionamiento del Campo solar.

Determinamos mediante la potencia del campo solar la cual debe ser igual al requerimiento de la bomba.

Se requiere un solo panel en serie ya que con ello se logra el requerimiento de voltaje de la bomba, ya que la bomba necesita 24V y el panel puede suministrar hasta 40V.

Para determinar los paneles que se deben utilizar en forma párelo se determina lo siguiente:

$$NP_p = \left( \frac{PpC}{N_{ps} \cdot W_p} \right)$$

	A	Unidades
NPp	0.42	Unidades
PpC	155.00	W
Nps	1.00	Unidades
Wp	370	W

Tabla 17.- Cálculo de paneles en paralelo.

Por lo tanto, se requerirá un panel de 370 W trabajando 1.2 horas.

#### 4.2.4. Control de bombeo de agua.

El controlador de la bomba de agua de PM5 de Atersa permite realizar instalaciones con bombas de agua a 24v y sin necesidad de la utilización de baterías, siendo de material policarbonato con dimensiones de 220x170x95 mm, peso de 1.3kg, con una potencia máx. pico panel de 175w, potencia máx a motor 160w, en PM5 24V por lo cual se abastece el requerimiento potencial de la bomba.

**4.3 Realizar una evaluación económica, mediante indicadores económicos, como TIR y VAN para determinar la factibilidad del sistema de bombeo solar fotovoltaico.**

#### 4.3.1. Costo de instalación y mantenimiento.

Se establece el costo de materiales

Ítem	Materiales	Und.	Metrado	Precio	Parcial
1	Paneles solar	1.00	unid	S/ 1,106.25	S/ 1,106.25
2	Controlador de bomba de agua	1.00	unid	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00
3	Tubería	7.00	unid	S/ 32.00	S/ 224.00
4	Tanque 2000L	1.00	unid	S/ 640.00	S/ 640.00
5	Estructura de 5m para soporte de tanque	1.00	m	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
6	Codo de 1"	1.00	m	S/ 5.00	S/ 5.00
7	Válvula de bola	1.00	m	S/ 5.00	S/ 5.00
8	Cables de 4 mm2	80.00	m	S/ 1.80	S/ 144.00
Total					S/ 5,624.25

**Tabla 18.- Costo de materiales. Fuente propia.**

Se establece el costo de la instalación

Ítem	Materiales	Und.	Metrado	Precio	Parcial
1	Instalación del sistema fotovoltaico	1.00	glb	S/ 850.00	S/. 850.00
2	Instalación de la estructura	1.00	glb	S/ 1,650.00	S/. 1,650.00
Total					S/. 2,500.00

**Tabla 19.- Costo de Instalación. Fuente: Propia.**

El mantenimiento se le cada 6 meses y según el proveedor del dispositivo se le debe dar mantenimiento por lo menos 200 soles. Por lo tanto, el mantenimiento anual será de S/. 400.00.

#### 4.3.2. Costo de instalación y mantenimiento.

El costo del ingreso por consumo de agua se determina por el costo de trabajo de un peón de la zona que en un jornal de 12 horas gana un sueldo diario de

30 soles determinando la cantidad de minutos de su jornal se calcula cuánto gana por minuto.

Jornal	S/ 30.00	Día
Tiempo	12	H
	720	Min
Costo del jornal por minuto	S/ 0.04	S/. /min

**Tabla 20.- Pago por minuto de trabajo de un peón. Fuente Propia.**

Según lo indicado en el poblado para llenar un balde de 10 litros una persona adulta se demora 5 minutos así considerando el jornal por minuto del peón el costo por llenar un balde es de:

Tiempo de llenado del balde	5	Min
Costo del jornal por minuto	S/ 0.04	S/. /min
Costo de llenar un balde	0.21	S/. Balde

**21.- Costo por llenar un balde en 5 minutos. Fuente: Propia**

Considerando que el balde tiene 10 litros como se mencionó a priori y el costo de llenar un balde se establece el costo por litro.

Capacidad del balde	10	L
Costo de llenar un balde	S/ 0.21	S/. Balde
Costo por litro	S/ 0.021	S/. / L

**Tabla 22.- Costo por litro de agua en el poblado. Fuente: Propia**

Determinándose el volumen requerido del poblado es decir los 820 L diarios que necesitan se tendrá un gasto diario de:

Costo por litro	S/ 0.02	s/.m3
VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO	850	L
INGRESO	S/ 17.71	S/.

**Tabla 23.- Ingreso diario por recojo de agua del pozo. Fuente: Propia**

Ya que este es el consumo diario en un año es decir en 365 se tendrá un ahorro de.

Ingreso diario	S/ 17.71
Días al año	365
Ingreso anual	S/ 6,463.54

**Tabla 24.- Costo anual por recojo de agua en el pozo. Fuente: Propia**

#### 4.3.3. Evaluación económica.

Se realiza un flujo de caja restando los ingresos con los egresos considerando que en el primer año no habría ingresos y se nombra como año cero.

Año	Inversión	Costos de operación y mantenimiento	Ingreso	Balance de caja
0	S/ 8,124.25			-S/ 8,124.25
1		S/ 400.00	S/ 6,463.54	S/ 6,063.54
		S/ 400.00	S/ 6,463.54	S/ 6,063.54

**Tabla 25.- Flujo de caja. Fuente: Propia**

Se evalúa solo para el segundo año ya que es aquí donde los indicadores dan positivos con una tasa de interés del 12%.

VAN	S/2,123.44
TIR	31%

**Tabla 26.- Evaluadores económicos para el sistema de bombeo. Fuente: Propia**



## **V. DISCUSIÓN**

La presente investigación se basa en la problemática en el caserío Pampa Culebra donde existe un pozo el cual suministra agua al poblado este viene siendo explotado desde que se origina el caserío determinando su fluido perenne e aquí donde se establece la investigación que se presenta en este informe esta pretende dimensiones un sistema de bombeo solar para abastecer de agua al caserío, se cuenta con 16 casas. El consumo de agua se determinó mediante una pregunta directa a cada habitante de los lotes que ahí existen, considerando esta demanda se estableció el cálculo del tanque elevado que se seleccionó como el cercano superior a la demanda del cálculo.

Le cálculo de la bomba se determina mediante el análisis de pérdidas en tubería debido a que la tecnología actual permite una variedad de alternativas se seleccionó la más práctica que satisfaga los cálculos siendo una bomba sumergible de 24 V de corriente continua que trabajara de manera directa con los paneles solares, no se tomó en cuenta el pico de corriente de arranque ya que se tomara un regulador que permitirá el uso directo de la bomba mediante los paneles la única condición para el trabajo ideal de la bomba es que el campo solar en este caso el paneles satisfaga la potencia y el voltaje que este requiere.

La evaluación económica se determina para la instalación, materiales y mantenimiento del sistema, el ingreso económico se determinó cuantificando el gasto que se realizaría si el trabajo lo hiciera un peón por un jornal diario esto determino que el sistema sea muy rentable recuperando la inversión en 2 años solamente.

A diferencia de Guevara que en su investigación del 2016 estableció una bomba de corriente alterna para poder regar u cultivo hidropónico en una planta piloto, en esta investigación se utiliza una bomba de corriente directa

para que pueda trabajar de manera más eficiente con el panel solar a solo 24V. siendo el motivo de la rentabilidad de la presente investigación.

A diferencia de la investigación de Farfan Neyra del 2014 no se determinó la radicación con el solarímetro debido a que se requiere un lapso no menor a un año para poder determinar el mes más crítico para el diseño del sistema por lo que la investigación que se presenta toma los datos de la entidad NAMA que es una página web iterativa creada por el ministerio de energía y minas con el objeto de ser referencia a la toma de datos para generación de energía renovables.

A diferencia de la tesis de Aguirre del 2016 que pretende alimentar con agua de un pozo al fundo Rodríguez en esta investigación no se toma la distribución del fluido como parte de la misma ya que las condiciones de tiempo no permitieron ampliar la investigación. Pero igual que el antecedente se establece que las alternativas tecnologías son viables debido actualmente a su avance para el bombeo fotovoltaico.

## VI. CONCLUSIONES

- Según la referencia de los mismos pobladores se determinó la demanda hídrica mediante su parámetro de medición que es el “balde”, estableciendo el volumen del balde como 10 litros se pudo determinar la demanda en 820 litros diarios. Para 16 lotes que existen en el caserío.
- Para la selección de los equipos se determinó primero el volumen del tanque de almacenamiento que consideraron 2 días de autonomía se tuvo que seleccionar un tanque de 2000 litros ya que es el tanque que más se acerca a la demanda de 1840 litros. Se determinó la bomba para las alturas de bombeo siendo una bomba sumergible se estableció que ingresar al pozo de 30 metros de profundidad quedando a 5 metros del fondo del pozo. Y la instalación del tanque a 5 metros de altura le dieron una altura geodésica de bombeo de 31.7 m con lo que se calculó una bomba sumergible de corriente continua de 155 W a 24 V. el cálculo del campo solar según el panel utilizado fue necesario solamente 1 panel para abastecer durante las horas pico soleras la energía suficiente para llegar el tanque. Se seleccionó también un convertidor para bombeo solar que tiene como función controlar el arranque y controlar la energía que se suministra para el bombeo solar.
- Se determinó un costo total entre instalación y materiales de S/8,124.25, con un costo anual de mantenimiento de la bomba en S/. 400.00. el ingreso se determinado cuantificando el trabajo que se realiza para el llenado de baldes siendo este un ingreso anual de S/6,463.54 el cual permite generar indicadores económicos positivos como el TIR a un 31% y el VAN a un S/2,123.44 evaluado a una tasa de interés del 12%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Calcular la demanda proyectándose a los años que la evaluación económica se plantea como positiva.
- Plantear el cálculo con paneles solares más pequeño o de menor potencia para comparar eficiencias del sistema completo.
- Ejecutar los resultados por que señalan una inversión muy rentable.

## REFERENCIAS

**Aguirre Delgado, Renato. 2016.** *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar agua para riego al fundo Rodríguez distrito de Oyotún de la provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque.* Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2016. pág. 120, Tesis Pregrado.

**Arellano Bastidas , Olger Gilberto . 2015.** *ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL IESS-IBARRA.* Ingeniería en Energías Renovables, Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí : s.n., 2015. pág. 164, Tesis de Grado Maestría en Energías Renovables.

**Ayala Rodriguez, Yover Michel. 2014.** *Mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de Aguas Subterráneas en Volcan Compañía Minera S.A.A - Unidad San Cristobal.* Ingeniería Mecánica , Universidad Nacional del Centro del Perú . Huancayo : s.n., 2014. pág. 79, Tesis .

**Barrera Salas , Fernando Javier . 2014.** *Diseño y Construcción de un equipo con modelo Matemático para Calcular la Capacidad Calorífica de Alimentos Líquidos.* Ingeniería Química y Textil , Universidad Nacional de Ingeniería . Lima : s.n., 2014. pág. 144, Sección de Pos grado.

**Beltrán, Jorge Ramiro Corral. 2015.** *Determinación de la Rapidez de exposición de la Radiación emitida por el acelerador Lineal, Utilizando el código MCNP5, para evaluar los Blindajes de la Sala de Radioterapia del Hospital ABC.* Ingeniería Electromédica , Universidad la Salle Noroeste . Sonora : s.n., 2015. pág. 141, Tesis

**.Cajachagua Segura , Hans Mihail . 2014.** *Estudio del ciclo Hidrológico de la cuenca Amazónica mediante el uso de sensoramiento remoto: Análisis de Evapotranspiración.* Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima : s.n., 2014. pág. 124, Tesis.

**De la Cruz Clemente , Wilber . 2014.** *Optimización del Sistema Solar Fotovoltaico para la Generación de Energía Eléctrica en Viviendas Aisladas Altoandinas.* Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo : s.n., 2014. pág. 128, Tesis.

**Díaz Pereyra , Jose Luis . 2018.** *Termodinàmica y Economía.* Ciencias Económicas , Universidad Nacional de Trujillo . Trujillo : s.n., 2018. pág. 125, Tesis .

**Energètica, Direcció General de Eficiencia. 2014.** Política del estado Peruano sobre la eficiencia Energética. *Política del estado Peruano sobre la eficiencia Energética.* [En línea] Julio de 2014. <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoTacna/2/8-Politica%20Eficiencia%20Energetica-Carlos%20Caceres.pdf>.

**Espíritu Quispe , Fiorella Carla . 2015.** *Estrategias de sostenibilidad Ambiental en Ganadería lechera para la conservación de la Diversidad Vegetal en el Distrito de Matahuasi - Provincia de Concepción -region Junín.* Medio Ambiente y Recursos Naturales, ISTA. Huancayo : s.n., 2015. pág. 141 , Tesis .

**Farfan Neyra, Jose Luis. 2014.** *Diseño y construcción de un solarímetro y su equipo de registro para la cuantificación del potencia de la energía solar.* Escuela de Postgrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque : s.n., 2014. pág. 89, Tesis Maestría.

**Ferichola Fernández , Julio . 2014.** *Caracterización de Módulos Fotovoltaicos con Dispositivo portátil.* Ingeniería de Energías Renovables , Universidad Carlos III de Madrid . Madrid : s.n., 2014. pág. 153, Tesis .

**Ferrer Sanchez , Juan Manuel. 2016.** *Manual de fundamentos de la Termodinámica.* Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia , Universidad de Madrid . Barcelona : s.n., 2016. pág. 453, Tesis Doctoral .

**Flores Chempén, Jesus Isidoro. 2018.** *Estudio de Factibilidad de uso de Energía Fotovoltaica Para Abastecer de Agua Potable del Caserío Túpac Amaru, Olmos,* 2018. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad César Vallejo. Chiclayo : s.n., 2018. pág. 130, Tesis Pregrado.

**Franco Sullca , Jorge Luis . 2015.** *OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA SUBTERRANEA, PARA SATISFACER SU DEMANDA VOLUMÉTRICA, EN VOLCÁN COMPAÑIA MINERA S.A.A. - UNIDAD CHUNGAR.* Ingeniería Mecánica , Universidad Nacional del Centro del Perú . Huancayo : s.n., 2015. pág. 78, Tesis .

**Guevara Lopez, Alex Camilo. 2016.** *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado, alimentado por un sistema fotovoltaico para el cultivo hidropónico en una planta piloto en el sector de san Vicente - Quero.* Escuela de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riovamba : s.n., 2016. pág. 104, Tesis Pregrado.

**Hernández Alvarado , Julio Amado . 2014.** *Colector Solar Plano Didáctico.* Energía Renovable , Centro de Investigación en Materiales Avanzadas S.C. . Nuevo Laredo Tamaulipas : s.n., 2014. pág. 51, Tesis .

**Huidobro Pelayo , Mónica. 2016.** *Diseño de una estructura soporte para un módulo integrado de placa fotovoltaica.* Ingeniería Industrial , Universidad Politécnica de Madrid . Madrid : s.n., 2016. pág. 95, Trabajo de Fin de Master .

**Javeriana . 2015.** *La Energía Solar: Una fuente Energética sobre la que el Estado debe Legislar mas Profundamente Para Manifestar su uso y Aprovechamiento.* Ciencias Jurídicas , Pontificia Universidad Javeriana . Bogotá : s.n., 2015. pág. 77, Monografía de Grado .

**Lozano Vilcarano , Miguel Ángel . 2016.** *Determinación del Angulo de Inclination Optimo de un panel Fotovoltáico en el Valle del Mantaro.* Ingeniería Química , Universidad Nacional del Centro del Perú . Huancayo : s.n., 2016. pág. 117, Tesis .

**Peralta Vera, Aixa Anel. 2018.** *Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua.* Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa : s.n., 2018. pág. 67, Tesis Pregrado.

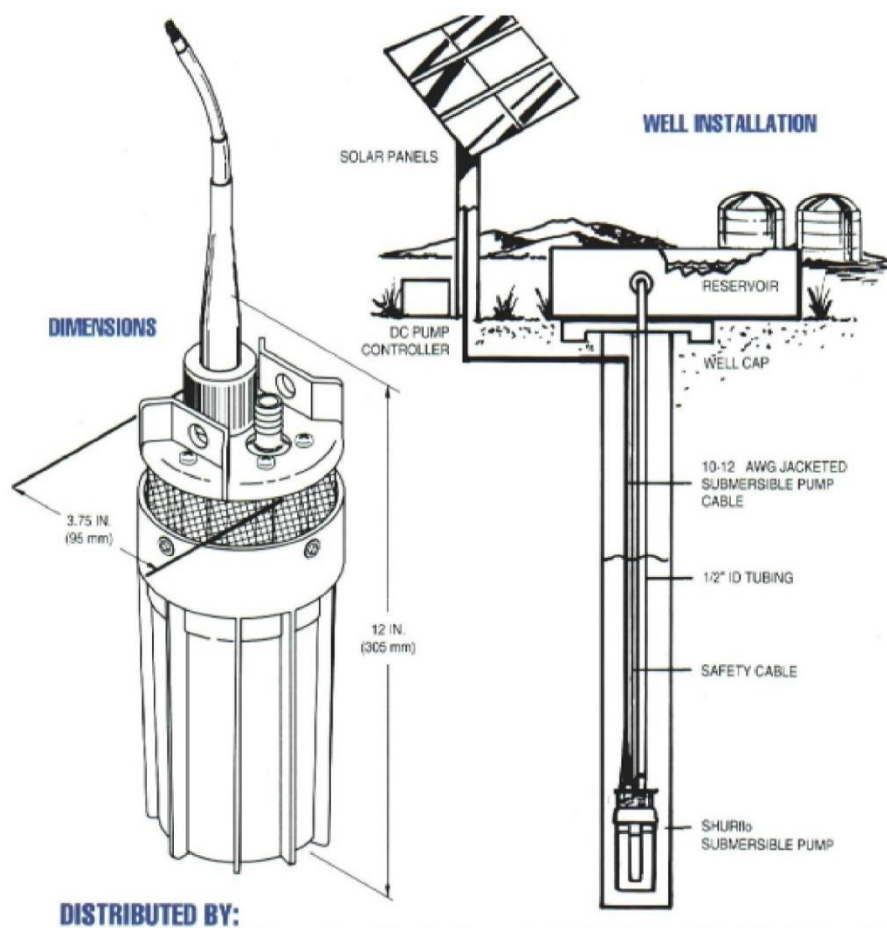
**Simbaña Calle , Daniel Jhony . 2018.** *Diseño de una estación de bombeo de agua de riego con su respectivo sistema de utilización 22,9kv, para el sector Mallaritos, distrito de marcavelica provincia de sullana, departamento de piura.* Ingeniería Mecánica Eléctrica , Universidad Señor de Sipán . Pimentel : s.n., 2018. pág. 217, Tesis .

**Vela Meléndez , Lindon. 2014.** *Modelo de prácticas pre-profesionales en las micro y pequeñas empresas, como espacio formativo y mecanismo de contribución al cumplimiento del encargo social, en la escuela profesional de economía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Lambayeque.* Ciencias de la Educación , Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo . Lambayeque : s.n., 2014. pág. 176, Maestría

## ANEXO



# SHURflo® Model 9300 Series



### TECHNICAL SPECIFICATIONS:

<b>MODEL NUMBER</b>	9325-043-101*
<b>PUMP DESIGN</b>	Positive Displacement 3 Chamber Diaphragm Pump
<b>CAM</b>	3.0 Degree
<b>MOTOR</b>	Permanent Magnet, P/N 11-175-00, Thermally Protected
<b>VOLTAGE</b>	24 VDC Nominal
<b>AMPS</b>	4.0 Maximum
<b>INTERNAL BYPASS</b>	105 –110 PSI Max. (7.2–7.5 BARS)
<b>MAXIMUM LIFT</b>	230 Feet Maximum (70 Meters)
<b>MAXIMUM SUBMERSION</b>	100 Feet Maximum (30 Meters)
<b>OUTLET PORT</b>	1/2" (12.7mm) Barbed Fitting for 1/2" (12.7mm) I.D. Tubing
<b>INLET</b>	50 Mesh Stainless Steel Screen
<b>MATERIALS</b>	High Strength Engineered Plastics, Stainless Steel Fasteners
<b>TYPICAL APPLICATIONS</b>	Potable Water Well Pump
<b>NET WEIGHT</b>	6 LBS. (2.7 Kgs.)

\*CE Model Available

[www.shurflo.com](http://www.shurflo.com)

### 9300 SUBMERSIBLE PUMP FLOW CHART

TOTAL VERTICAL LIFT		FLOW RATE PER HOUR		SOLAR ARRAY SIZE MINIMUM TOTAL POWER RATING	CURRENT AMPS
FEET	METERS	GAL.	LTR.	WATTS	
20	6.1	111	420	58	1.7
40	12.2	109	413	65	2.0
60	18.3	105	398	78	2.3
80	24.4	103	390	89	2.6
100	30.5	100	379	99	2.9
120	36.6	95	360	104	3.2
140	42.7	93	352	115	3.5
160	48.8	89	337	123	3.8
180	54.9	87	329	135	4.0
200	61.0	84	318	141	4.3
230	70.1	79	300	155	4.6

**NOTE:** Use of an LCB (Linear Current Booster) Unit is required for optimum performance.  
Minimum total power rating shows minimum array watts required to perform as shown.



CONVERTIDOR DC/DC PARA BOMBEO DIRECTO SOLAR

**PM5**

INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO

DISTRIBUIDOR



APLICACIONES TÉCNICAS DE LA ENERGÍA

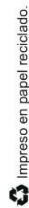
(www.atersa.com)

ATERSA MADRID  
C/ Alameda de Esquivel, 10  
28014 Madrid, España  
Tel. +34 91 514 147 467  
e-mail: atersa@atersa.com

ATERSA VALENCIA  
C/ de la Paz, 14  
46100 Sagunto, España  
Tel. +34 96 300 202-242  
e-mail: atersa@atersa.com

ATERSA ITALIA  
Via S. Giovanni, 10  
20136 Milano, Italia  
Tel. +39 02 50 202-242  
e-mail: atersa@atersa.com

Fecha última revisión: 2011/11  
Referencia: M.U.152



Impreso en papel reciclado.

## 1. INTRODUCCIÓN

El equipo electrónico de bombeo directo de agua mediante energía solar PM5 de ATERSA, hace posible el acoplamiento directo de un generador fotovoltaico con un motor de corriente continua para instalaciones domésticas de bombeo de agua que no precisen potencias superiores a los 200W (equipos náuticos, caravanas, aguas subterráneas, etc.).

El PM5 dispone de un circuito de control que trabaja de modo similar a un convertidor DC/DC, transfiriendo la energía de entrada del panel hacia el motor, regulando la tensión e intensidad de salida suministradas, para que permanezcan dentro del margen adecuado para el motor.

El efecto global obtenido mediante este modo de funcionamiento es directo: a mayor energía de entrada de panel, mayor energía suministrada al motor y, por tanto, mayor caudal de agua, para una altura determinada.

## 2. LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

### 2.1 LA BOMBA HIDRÁULICA

Toda instalación de bombeo de agua requiere de un elemento capaz de suministrar la energía necesaria al agua para producir su impulsión. Este elemento es la bomba hidráulica.

Para las aplicaciones típicas de bombeo doméstico, se trabaja con bombas volumétricas, las cuales realizan el desplazamiento del agua en compartimentos cerrados, lo que permite su funcionamiento prácticamente a cualquier

régimen de giro. Podemos encontrar en el mercado diferentes diseños de este tipo de bombas: de membrana, de paletas, de pistón, de tornillo, etc...

Las principales características de este tipo de bombas son las siguientes:

- Permiten realizar la impulsión prácticamente desde el inicio del giro del eje de la bomba.
- Su rendimiento se mantiene en un rango de velocidades muy amplio.
- El ajuste de sus componentes constructivos provoca desgaste lo que hace necesario realizar un mantenimiento.

### 2.2 EL MOTORELÉCTRICO

Para realizar el accionamiento del eje de la bomba se emplea un motor eléctrico de corriente continua. Las bombas sumergibles llevan en un mismo bloque el impulsor hidráulico y el motor, de este modo, la propia agua del pozo sirve como elemento refrigerante de la bomba.

A medida que varíe la velocidad del eje de la bomba, variará el caudal obtenido. Para modificar esta velocidad en el motor de corriente continua, se realiza una regulación de su potencia de funcionamiento, lo cual se consigue trabajando con valores de tensión e intensidad variables. Para las aplicaciones de bombeo directo se emplean generalmente motores de 12 o 24 Vcc de una potencia máxima del orden de los 200W.

## 3. SONDAS DE NIVEL

El PM5 dispone de terminales de entrada para la conexión de una sonda de nivel para el depósito y de una sonda de nivel para el pozo. Se pueden emplear sondas comerciales que dispongan de un contacto libre de potencial, o bien se pueden utilizar sencillamente un par de conductores para cada sonda. El PM5 hace pasar una mínima corriente (del orden de 1µA) entre los terminales de la sonda y es capaz de detectar así la conductividad eléctrica de los conductores a través del agua. De este modo, únicamente con el empleo de dos conductores, el PM5 puede detectar el nivel del agua.

Al emplear conductores en contacto directo con el agua, se produce un efecto galvánico que puede deteriorar los contactos sumergidos. Para minimizar este efecto galvánico se recomienda el empleo de sensores de acero inoxidable, así como invertir la conexión de las sondas en el equipo con una periodicidad no superior a los dos meses. En todos los casos se deben revisar de forma periódica los contactos de los conductores.

### 3.1 SONDA DE NIVEL DEL POZO

Esta sonda permite limitar el descenso de nivel del agua en el pozo donde se encuentra la bomba, de este modo se impide el funcionamiento en seco y protege frente a descabados de la bomba. Se puede emplear una sonda comercial que disponga de un contacto libre de potencial de salida, o bien dos conductores.

Cuando el nivel de agua del pozo sea el adecuado para que la

Los motores eléctricos de corriente continua precisan de mantenimiento, ya que cada cierto tiempo es necesario revisar el estado de las escobillas y el colector para limpiar las delgas de impurezas o, depende del caso, para sustituir el motor. Este dato es importante a la hora de mantener el correcto funcionamiento de la instalación.

### 2.3 EL CAMPO FOTOVOLTAICO

El campo fotovoltaico es el generador de energía de la instalación. La potencia que se genera en cada instante en el campo fotovoltaico es directamente proporcional a la radiación solar existente. Los módulos suministrarán una tensión e intensidad de corriente continua. Al amanecer, y a medida que va en aumento la radiación, aumentará la potencia suministrada por el panel; la tensión de los paneles se mantiene prácticamente estable y el aumento de la potencia se traducirá en un incremento paulatino de la intensidad del panel.

### 2.4 EL CIRCUITO DE CONTROL

El circuito de control del PM5 trabaja de modo similar a un convertidor DC/DC. A partir de una tensión de entrada de corriente continua, mediante una modulación de tipo PWM se consigue una tensión de salida de corriente continua adecuada para el motor de la bomba. El control del PM5 ajusta la potencia de salida hacia el motor de la bomba, elevando o reduciendo la tensión según la potencia de panel aumente o disminuya respectivamente. El circuito de control ajusta el punto de funcionamiento del panel de modo que se

bomba trabaje correctamente, el contacto debe permanecer cerrado o en el caso de emplear conductores, los contactos deben estar sumergidos en el agua. El *led de protección de nivel del pozo* permanece iluminado indicando así funcionamiento normal.

Cuando el nivel de agua del pozo no sea suficiente para garantizar que la bomba aspire únicamente agua, el contacto de la sonda debe abrirse o en el caso de emplear conductores, alguno de los dos conductores debe quedarse fuera del agua. Al detectarse este estado, se produce el paro del motor de la bomba, además, se apagará el *led de protección de nivel del pozo*.

En el caso de que la instalación no disponga de sonda, es necesario realizar un puente en los terminales de entrada de este sensor.

### 3.2 SONDA DE NIVEL DEL DEPÓSITO

Esta sonda permite limitar el llenado de un depósito acumulador, para evitar que el agua rebese. Se puede emplear una sonda comercial que disponga de un contacto libre de potencial de salida, o bien dos conductores.

Cuando el nivel del depósito esté por debajo del límite máximo, el contacto debe permanecer abierto, o en el caso de dos conductores, al menos uno de ellos no debe estar en contacto con el agua. El *led de protección de nivel del depósito* permanecerá apagado.

Cuando el nivel de agua del depósito alcance el límite



máximo, el contacto de la sonda debe cerrarse, o en el caso de emplear dos conductores, ambos deben estar sumergidos en el agua. Al detectarse este estado, se produce el paro del motor de la bomba y se ilumina el *led de protección de nivel del depósito*.

#### 4. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

##### 4.1 UBICACIÓN

Temperatura ambiente máxima menor de 45°C

Protección frente a la luz directa del sol

Lugar con ventilación

Lugar seco, sin humedad que pueda producir condensaciones

##### 4.2 SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

La sección de los conductores es importante para evitar posibles caídas de tensión que pueden provocar un mal funcionamiento del sistema. Como referencia, no se debe admitir una caída superior a un 3% de la tensión nominal en condiciones de intensidad máxima. Para calcular la sección necesaria en mm<sup>2</sup> se puede emplear la siguiente expresión:

$$Sección = \frac{2 \times L \times I_{max}}{56 \times c}$$

L : Longitud de la línea (m)  
I<sub>max</sub>: Intensidad máxima (A)  
C : Máxima caída de tensión (V)

La intensidad de salida hacia el motor del PM5 puede ser tres veces mayor que la intensidad de entrada del generador fotovoltaico, por lo que se aconseja ubicar el equipo lo más próximo posible a la bomba para evitar caídas de tensión en la línea PM5-Bomba.

Pág. 7

Se puede emplear como referencia rápida la siguiente tabla en la que se relaciona la distancia y la sección en mm<sup>2</sup> necesaria para cada línea:

	10m	20m	30m	40m	70m
Panel-PM5 12V	4	6	10	16	25
PM5 12V-Motor	6	10	16	25	35
Panel-PM5 24V	2,5	4	6	10	16
PM5 24V-Motor	4	6	10	16	25

##### 4.3 FIJACIÓN DE LA BOMBA

Seguir las indicaciones del fabricante respecto de la instalación y funcionamiento de la bomba. En todo caso, nunca suspender la bomba utilizando los cables de conexión o la tubería de impulsión. Generalmente, la bomba dispondrá de un anclaje en su parte superior para realizar la instalación de un cable inoxidable que permita su fijación.

##### 4.4 SONDAS DE NIVEL

Se recomienda instalar la sonda de nivel mínimo en la parte superior de la bomba, justo a la salida de los cables de potencia. La sonda de nivel máximo del depósito colocarla de modo que detecte el nivel con tiempo suficiente para evitar el rebosar del depósito.

##### 4.5 PUESTA EN MARCHA

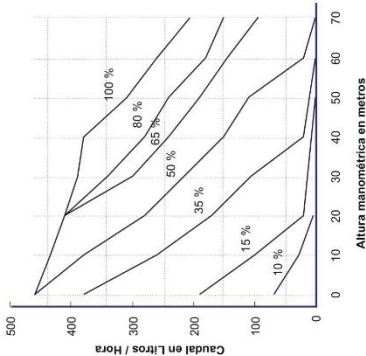
Seguir el siguiente procedimiento para realizar la puesta en marcha del equipo:

1. Sumergir en agua la sonda de nivel del pozo (o poner en cortocircuito) y colocar en circuito abierto la sonda del depósito.
2. Conectar el motor de la bomba a los terminales de + y - de MOTOR, respetando la polaridad indicada.

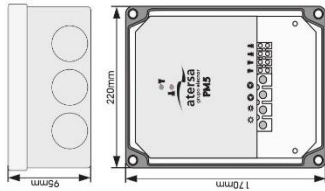
Pág. 8

##### 5.4 RELACIÓN CAUDAL/PRESIÓN-RADIACIÓN SOLAR

El siguiente gráfico permite obtener el caudal en función de la radiación solar y de la altura manométrica de la instalación para una bomba SAS 24:



Pág. 11

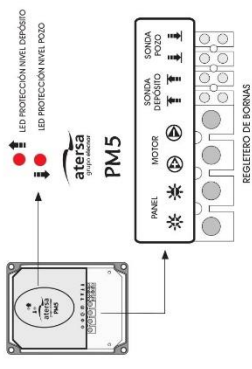


##### 5.3 DIMENSIONES DEL EQUIPO

3. Conectar el generador fotovoltaico a los terminales de + y - de PANEL, respetando la polaridad indicada.
4. Si la radiación solar es suficiente, la bomba debe ponerse en funcionamiento y el *led de protección de nivel del pozo* debe permanecer iluminado.

5. Realizar una prueba de verificación de las sondas, simulando la situación de nivel mínimo del pozo y nivel máximo del depósito. Comprobar que la bomba se para y que los leds del PM5 indican el estado de las sondas correctamente. Volver a colocar las sondas en su lugar adecuado y comprobar que la bomba arranca de nuevo.

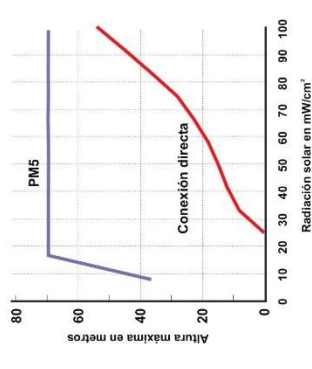
##### 4.6 INDICADORES DEL EQUIPO



Pág. 9

##### 5.5 RADIACIÓN MÍNIMA DE ARRANQUE

En el siguiente gráfico se puede obtener la diferencia entre la radiación mínima de arranque que es necesario alcanzar en un generador fotovoltaico que dispone de PM5 comparado con la conexión directa del panel al motor sin el PM5. Se considera que la potencia de panel instalada es similar a la potencia de la bomba.



Pág. 13

#### 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### 5.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

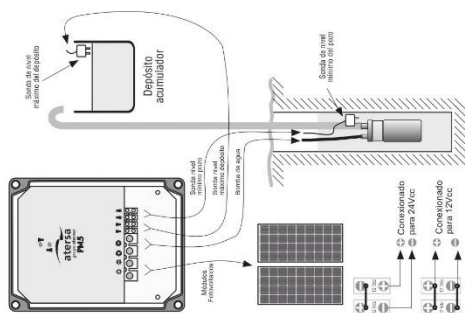
	PM5 12V	PM5 24V
Potencia máx. p/lo panel	140W	175W
Tensión punto máx. potencia panel	16V	32V
Tensión nominal	12V	24V
Potencia máxima a motor	138W	160W
Sondas de nivel	2	2

##### 5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Material de la caja	Policarbonato
Grado de protección	IP-55
Dimensiones	220x170x95 mm
Peso	1'3 Kg
Prensaestopas	Se incluyen 3 PG13

Pág. 10

##### 6. DIAGRAMA DE INSTALACIÓN



Pág. 14

## PANEL SOLAR 370W 72 CÉLULAS MONOCRISTALINO

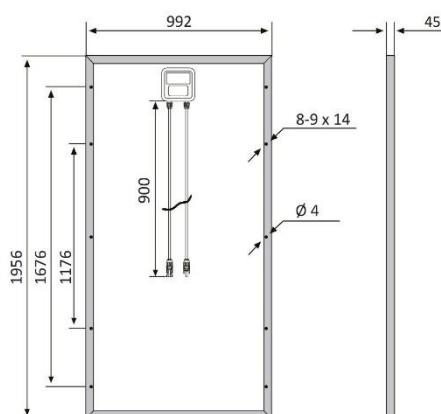
### Características

Tamaño del módulo	1956 x 992 x 45 mm
Células	72 piezas monocristalinas (156 x 156 mm)
Cristal	Bajo contenido en hierro y templado (3,2 mm)
Potencia máxima (Wp)	370W
Cable	90cm, 4mm <sup>2</sup>
Voltaje en circuito abierto (Voc)	48.3V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9.95A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	40.1V
Intensidad a máxima potencia (Im)	9.23A
Condiciones del test	1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.02973%
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.38038%
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.57402%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	19%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	21.5 kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años

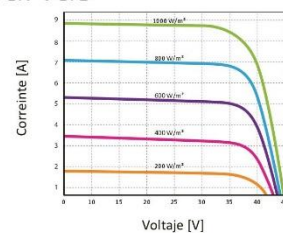
### BSP370M



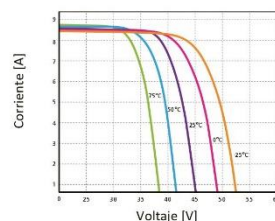
### Esquemas



### Curvas



Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Características de los módulos a temperaturas variables e irradiación constante de 1.000W/m<sup>2</sup>